

構造工學上の時事問題

内務技師 青木 楠 男

道路橋に於ける耐風横構

道路橋の床版がリヂデッドなバックル、プレート類で張りつめられ、路床が極めてソリッドに出来ておる場合に、路側の耐風横構を省略することは、大分前から英國のプラクティスでは認められておつた様である。

耐風横構が單に風荷重の爲にのみ設けらるゝものであるなれば、より以上にソリッドなバックル、プレート類がこれに代るものと考へれば差し支へないのであらう。又耐風横構が橋にリヂデテイーを與ふる上からも必要なものであるとするも、比較的イムバックトの少い道路橋に於て、地震力等を考慮する必要のない場合には、バックル、プレート

ト類の與ふるリヂデテイーに信頼して、耐風横構を省略しても、甚だしい害を生ずる様なことはないであらう。

然るに最近に至つて、この耐風横構を路床側に用ひないと云ふ傾向が、鐵筋混凝土床版を有する道路橋にも押し擴められて來たのである。T. Husband 氏は其著 "The Strain in Engineering" に於てこのプラクティスを認めておるし、最近カナダのオンタリオ州ロンドン市に於ける "Ridout St. 橋" 及び同州トロント市 "East York Leaside" 陸路橋に於て鐵筋混凝土路床版を用ひて下部耐風横構を省略する設計が實施せられたと聞く。

勿論これ等の場合に於ては縦桁は床桁のウェツプに完全に緩結せられ、兩者互にリヂットなフレームを形成するこ

とが必要であり、同時に兩桁のアップバー、フランジは充分に鐵筋混凝土床版に埋め込まれておるのである。

このブラクティスは多小とも材料の節約をなし得ると云ふ點に於て、世智辛い本邦橋梁技術界に早晚移入せられはしまいかと懸念するものである。

横構の省略によつて得る利益は鐵材の節約と、これに供ふ幾分かの工事の簡略、竝に橋梁細部構造の單純化であつて、其の不利益としては橋梁の剛性を減ずる點にある。

然らば鐵材の節約はどの位の程度に達しうるか、今試みに本邦に於ける國道橋中徑間二百呎前後の下路橋の二三につき、其の下部耐風横構の全鋼材に對する比率を求むるに○五%に達するものは少いのである。重量にて四噸前後、價格に見積つて千五百圓前後のものである。徑間の大小によつて其の量に變化はあらんも、總鋼材に對する比率は甚しい變化はあるまい。従つて横構の省略による工費の節約は徑間大にして、徑間數多數なる場合相當の金額にのほることあるとするも、之を總工費に比較するとき極めて僅少な

るものなりと稱しうるのである。

斯くの如くこれによつて生ずる利益が、甚だ尠いとすんなれば、わざわざ橋梁の剛性を減してまで横構を省略したくはない。殊に地震の多い本邦に於て横構が單に風に對するのみに設けらるゝものでないとすれば、地震の少なく國のブラクティスを其儘移して來ることを甚だ面白くないことと思ふのである。もし鐵筋混凝土床版を用ふることによる鐵材の節約を論んずるなれば、この様な横構の省略どこでなく次節に於て述べんとする縦桁を混凝土にて包むことによつて得る、鋼材の節約を問題としなければならぬと信ずるものである。

鐵骨混凝土桁竝に柱

奥丹後の大地震のあつた數日後のことであつた。翌日同地方へ出發せられんとする地震研究所のS理學士が尋ねて來られ、話は地震の諸問題から遂に鐵骨混凝土構造物のことに及んだ。

同理學士はこの構造に對する確定的の計算法の行はれておらないことを遺憾とせられ、今夏を期してこれに關する大々的の實驗をやつて見たいとの抱負をのべて歸られた。

實際鐵骨混凝土構造に對する設計法は今日まだ甚だあやふやの状態にあるのであるまいが、混凝土に包まれたI型鋼桁に就いては多少理論的研究があるが、其他のものについてはあまり深く研究が進められておらぬ様である。

従つて普通行はれる設計方法は混凝土を全く無視して、鐵骨のみが働くものと見做すか又は鐵筋混凝土の理論を其儘適用するかとの二途である、熟れの方法に對しても大きな疑點を認めないではおられないのである。

前者について其の不合理をあげるならば、混凝土に包まれたI型鋼桁が其の強度に於て其のフランジと同量にして同位置にある鐵筋を有する鐵筋混凝土桁より甚しく弱いと云ふことはどうしても考へられないのである。勿論この問題については今日可成多くの實驗報告が發表せられ後述する様な程度までの結論が求められておる。

會て内務省東京土木出張所の先輩A技師のバナマ運河工事に於ける御經驗の一節を伺つたことがあるが、其中に同氏の擔當せられた工事の一部にI型鋼桁があつたので、これを混凝土で被覆することを力説せられ、米人技師が死荷重を増すのみにして有害無効なりとの異議を説服されたとの御話があつた、これは二十餘年前のことである、米人の間に伍しての同氏の御努力を感ずると共に、今日未だ此種の桁に對する實驗が所々で行はれ、鐵桁と混凝土との附着の如何が研究論議せらるゝの状態にあることを遺憾に思ふのである。

又鐵骨混凝土を鐵筋混凝土と同様の計算方法によると云ふことは、吾々が今日混凝土面積の三乃至四割を鐵筋の最大量として取り扱つておる算式に對して差し支へないか否か疑問を持たざるを得ないのである。要は應力をうけた場合鐵骨と混凝土の間に附着力が充分に働くか否かの問題である。今日までの混凝土被覆を有するI型桁についての實驗が、この疑問に對して肯定的の結論を與へ様としておる

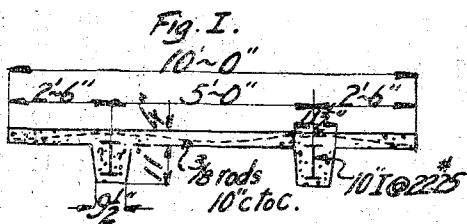
が、其他のすべての鐵骨混凝土に對して同一のことが云へるか否かは更に進んだ實驗と研究との結果に待たねばならない。

混凝土に包まれたI型鋼桁

鐵骨混凝土構造申其の研究の最も進んでおるものか混凝土に被覆せられたI型鋼桁について、あることは前述の通りである。こゝに今日までの主なる研究並に實驗の概略を記述して見様と思ふ。

Ewart S. Andrew 著 "Elementary principles of Reinforced Concrete Construction" 及び Redpath 著 "Handbook of Structural Steel Work" 等の書籍に Haunched I Beam の理論と實用上の強度表又は圖表の如きものをあけておると聞く。實驗としては一九二二年から一九二三年にかけて行はれた。英國 Taddington S. National Physical Laboratory のも、同年米國 McGill 大學の Mackay 教授によつて行はれた Dominion Bridge Co. の實驗が主なるもので、此他 Ohio 大學の Shank 教授のI型鋼桁の補強に關する實驗、Toronto

大學に於ける實驗等を擧げることが出来る。Mackay 氏の實驗に用ひた試験桁は第一圖の如き横断面を有するもので長さ十八呎、幅十呎、鐵筋混凝土床版厚四吋、鐵筋徑八分



ノ三吋を十吋間隔に有し、I型鋼桁は高十吋、重量一呎二二、四封度、兩端は他の廿四吋I型桁に銜綴せられ、この廿四吋I型桁は實驗用桁が垂直の方向になす彎曲を妨げざる様設備せられておる。

實驗の方法は先づ混凝土施工前にI型鋼のみに床版施工後の死荷重に相當する荷重即ち一平方呎約七五封度及びフランジに毎平方呎一六〇〇封度應力を生ずべき一平方呎一八二封度の荷重を加へて機度並に應力を測定し、次に一：二：四の混凝土を施工し二十八日の後に型枠を取りはずして死荷重に對する應力を測定しておる、この結果

とI型鋼のみに一平方呎七五封度の荷重を加へたる時の結果とを較すると、混凝土施工後の方一平方呎に約四〇〇封度大なり、これ觀測の誤差及び型枠の重量による應力が混凝土の凝結と共にI型鋼にイニシャル、ストレスとして殘されたるものと考へられる。次に平方呎に一〇七封度の荷重を加へ總荷重を平方呎一八二封度となし、I型鋼のみの場合と比較してある、其の結果によると應力の増加はI型鋼のみの時の僅かに三二%、撓度の増加は一八%の程度にとどまつておる續いて荷重の増加を行つて觀測した結果を、計算上より求めたI鋼のみの場合の値と比較してあるが其の結果を表にして見ると次の様である。

荷 重 封度一平方呎	混凝土に被覆せざるI型鋼桁		混凝土にて被覆せるI型鋼桁	
	計算による撓度 〃	觀測せる撓度 〃	計算による撓度 〃	觀測せる撓度 〃
182	—	—	10,400 %	—
243	20,709	—	12,200	—
287	25,100	—	14,800	—
350	29,803	—	16,800	—
365	30,800	0.812	17,750	0.191
384	32,700	—	18,100	—
417	35,520	—	17,600	—
447	37,780	—	21,900	—

この結果によつて見るとI型鋼桁に二六〇〇〇封度の許容應力を與ふるものとして、荷重は約八〇%増加すること

が出来ること云ふことを知りうるのである、この時の撓度は I 型鋼のみの場合の二四%にも達しない、第二圖は實驗の結果を圖表で示したものである。

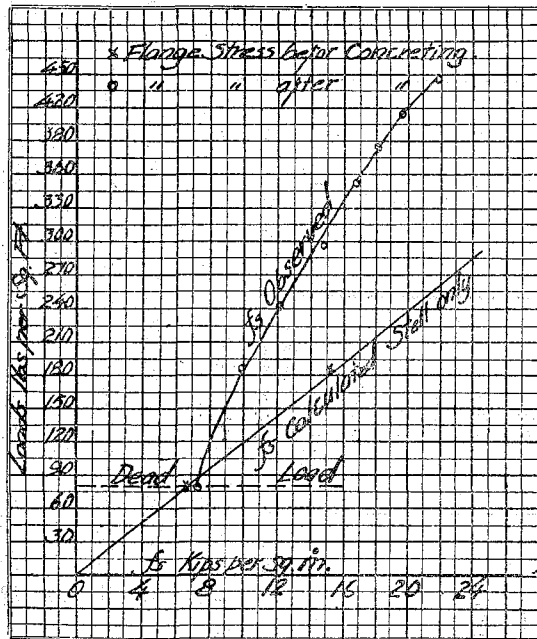


Fig. II

連続性の試験まで行はれておるが、こゝには之を省略して實驗の結果より同氏が I 型鋼混凝土桁の利點として擧げられ結論を記述するに止めよう。

I 型鋼混凝土桁の利點

- 一 混凝土施工に際し桁の位置を保持するに便なり
- 二 I 型鋼のウエブの連続せることによりダイアゴナル、テンションに對し安全なり

三 I 型鋼と混凝土との附着力は應壓側に於ては充分なり (I 型鋼鐵筋混凝土桁の強度は I 型鋼のトップフランヂと混凝土との附着力に懸る)

四 死荷重による撓みを混凝土凝結前鋼桁のみに働かし得、

五 型枠の支保工等の不完全による危険を除き得、

六 變更、修繕工事容易なり、

上記の實驗の結果は Taddington に於けるものと極めてよく一致しており、Taddington の試験によつても桁の抵曲強度の増加は四九%から一二八%に及増加比率は I 型鋼桁のフ

MacLay 氏の實驗は上記の如き桁の強度試験より更に進んで I 型鋼と混凝土との附着力試験、支點上に於ける桁の

ランヂ上の混凝土被覆の厚きものほど大なりしこと豫期せらるゝ通りである。

I型鋼と混凝土との附着力の充分なることは上記二實驗のほか McGill 大學及 Toronto 大學にてこの目的の爲に特に用意した桁について最大水平剪力を働かして行つた實驗の結果からも推し得べく、又 Ohio 大學の Shunk 教授が Gunite にて包んだ古I型桁について行つた試験の結果より發表せられた結論を「この實驗の主眼目たる Gunite と古鐵桁竝に補強鐵材との附着力が充分なるや否や、即ち之等のものが一團となつて働きて得るや否やの疑問に對し、肯定的の結論を得たのである」と結んでおられる點からも、知ることが出来るのである。

上記の諸實驗の結果よりして、混凝土にて包まれたるI型鋼桁に於ては、少くも應壓側の混凝土と鐵桁との附着力は完全なものと考へねばなるまい、従つて其の計算に當つて(一)張力は全部鐵材にてうけ、(二)壓力は床版及中立軸以上の鐵材にてうけ、被覆部の混凝土の壓力竝に張力は全然

認めず、(三)死荷重は全部鋼桁にて支持せしむる假定の下に鐵筋混凝土と同様の方去にて差し支へなきものと信ずるのである、この計算につきては筆を改めて記述する機會があるであらう。

翻つて本邦に於ける府縣道橋の最近の構造を見るに其の殆んとすべてが、縱桁としてI型桁を有し、床版として鐵筋混凝土版を有しておるのである。而して其の多くは床版を縱桁上にのせたるにとゞまり、縱桁を混凝土にて包めるものは少ないのである、又もしこれを被覆するも其の計算にこれによつて得る上記の如き、抗曲強度の増加を考慮したものはないのである。

筆者はこゝに混凝土による縱桁の被覆による強度の増加を高唱したいと思ふ、道路橋に於て縱桁用の鋼桁の量は可成りの割合を有しておる、例へば徑間百呎前後の構桁に於て全鋼材の一五%乃至二〇%、二百呎のものにて二〇%乃至二五%に達するのである。斯くの如く構桁用鋼材中の大立物たる縱桁用鋼材の節約を企圖することは、前項に於て

説きたる、横構用鋼材の省略によつてうるところの比ではないと信するのである。

然らば如何なる計算方法により、如何なる程度まで前述の實驗の結果を信頼して鐵材の節約を一般に許可してよいか、これは今こゝに筆者の私見を述べたところで何等の權威あるものにならない、この種の問題については此方面に於ける當事者の熟考協議の結果定めらるべきものと考へるのである。たゞ筆者はこの點について當事者諸賢の御考慮を促し、そこに鋼材の節約をなし得る大なる問題が横つてゐることを申し述べるとゞめておきたいと思ふ。

尙この問題に付き、直接工事に關係せらるゝ諸賢に對しては、従來の計算によつた縦桁混凝土にて被覆する事により、其の路床部の強度を甚しく増加しうると云ふことを御記憶願ひたいと思ふのである。勿論これが爲に所要混凝土量の増加は止むを得ないのであるが、僅少なる混凝土量の増加を忍んでも強度の増加を希望せらるゝ機會や古構桁の補強を考へらるゝ場合のあることを信するものである。

こゝに一日も早く Haunched I Beam の強度の認識せられ、其の結果として橋梁用鋼材の節約をなしうる日の近からんことを希望して、鐵骨混凝土柱の問題に移りたいと思ふ。

鐵骨混凝土柱 筆者は鐵骨混凝土柱に關する實驗報告や其他之に關する文獻を有つておらないし、又記憶に残つておるものもない、鐵骨混凝土柱に於て鋼と混凝土とが協力して働くものとすれば、デフォーメーションの前後に於て斷面はやはり平面であつて Hooke の方則に従ふと假定するのが普通のゆき方であらう、併しこの方針でゆくと鋼のうける應力は混凝土の許容應力強度で支配されて、其の彈性率比倍以上をうけることが出来なくなる、もし彈性率比が彎曲の場合等と同様に十五としかとれないものとするなれば、甚だ奇妙な結果に落ち入つてしまい、桁と混凝土との協力作用を認めることが甚だしい愚な話になつて仕舞ふむしろ鐵骨だけが働くものと考へた方が遙かに有利なこととなる。

併しこゝに考へねばならないことは、多くの場合鐵骨柱

斷の面はクローズト、セクションかさもなくばラテイシ
 グによつて包まれておる。斯くの如き断面中に充填された
 混凝土が大きな應壓力をうけた時其の彈性率が混凝土桁等
 の彎曲の場合と同じことであらうか、こゝに疑ひを持たざ
 るを得ない、獨逸流に鐵骨混凝土柱に於ける彈性比率を三
 十と採れば問題はすなほに解決する様に見得るか、果して
 それでよいのだらうか、少くとも鐵骨柱内の混凝土は *High*
Strength を有する鐵筋混凝土柱の混凝土と似寄つた、そしてよ
 り以上の強い働きのするものと考へることが出来るのであ
 る、この邊に鐵骨混凝土柱に對するなにか有利な條件が見
 出さるべきものではあるまいかと思ふ。

○博士は鐵骨混凝土柱の鐵骨のうける應力中、混凝土の
 應力によつて支配さるゝ部分以外の餘分の應力は、これを
 混凝土施工前に死荷重其他を支持せしむることによつて、
 イニシヤル、コムプレツションとして働かしむれば問題は
 容易に解決すべしと云はれておる、これは彈性率比がいつ
 までも一五前後の數値しか有し得ないと假定した場合に於

ける、全く略つた立場からの新しい解決法と稱しうるもの
 であらう。

ともかくも以上の如く幾多の疑問が残されておると同時
 に、其の柔軟性を有しておると云ふ點で、建築技術者の間に
 耐震建築として、純鐵筋混凝土構造よりも、勝れりと稱す
 る人のある、今日この鐵骨混凝土構造物に對してS理學士
 が大々的の實驗を行はれると云ふことは、學界の爲に非常
 に喜ばしいことであると同時に、其の結果からしてこれに
 對する指針の與へらるゝ日の一日も早からんことを、吾々
 トラクテユアー、エンジニアは希望して、止まない次第
 である。

x x x x x